

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

А.М. Колотило

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт і розв’язання задач
з дисципліни**

«ГІДРАВЛІЧНІ ТА АЕРОДИНАМІЧНІ МАШИНИ»

*(для студентів 3 – 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів
підготовки 0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»
спеціальності 6.092600 «Водопостачання та водовідведення»)*

Харків – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і розв'язання задач з дисципліни “Гідравлічні та аеродинамічні машини” (для студентів 3 – 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів підготовки 0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності 6.092600 «Водопостачання та водовідведення») / Укл.: Колотило А.М. – Харків: ХНАМГ, 2009 – 38с.

Укладач: Колотило А.М.

Рецензент: М.М.Яковенко

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки води протокол № 8 від 6.03.2008р.

Зміст

Визначення напору і тиску насоса за показаннями приладів.....	4
Визначення напору насоса при проектуванні	5
Висота всмоктування насоса.....	7
Коефіцієнт швидкохідності насоса.....	9
Вплив частоти обертання робочого колеса на характеристики відцентрового насоса.....	11
Обточування робочого колеса відцентрового насоса.....	19
Сумісна робота насосів і трубопровідної мережі.....	22
Паралельна робота кількох однотипних насосів на два водоводи.....	23
Послідовна робота насосів.....	26
Завдання для самостійної роботи.....	29
Список літератури.....	37

Визначення напору і тиску насоса за показаннями приладів

Напір насоса дорівнює сумі показань манометра на напірному патрубку і вакуумметра на всмоктувальному патрубку, приведених до однієї висотної відмітки, плюс різниця швидкісних напорів у напірному й всмоктувальному патрубках насоса.

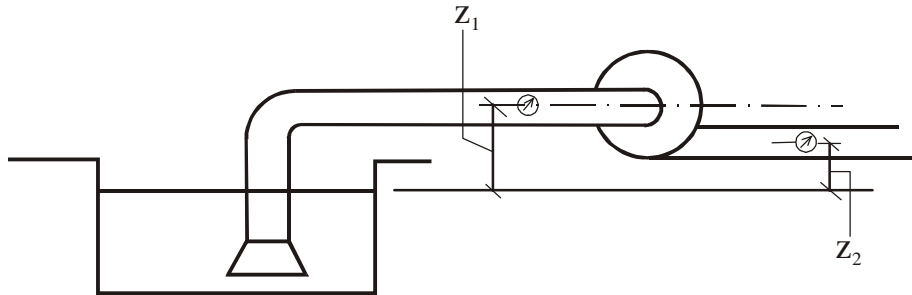


Рис. 1

$$H = \frac{P_{\text{ман}}}{\rho g} + \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} + \frac{V_2^2 + V_1^2}{2g}; \quad (1)$$

$$P = P_{\text{іаі}} + P_{\text{аае}} + \frac{\rho}{2}(V_2^2 - V_1^2) \quad (2)$$

Задача 1. Визначити напір насоса за показаннями приладів, якщо відомо наступне: насос качає воду і розвиває подачу 1500 л/с. Манометр, який підключений до напірного патрубка насоса, показує тиск 0,36 МПа (3,6 атм.), а вакуумметр, який підключений до всмоктувального патрубка, показує вакуум 0,06 МПа (0,6атм). Манометр розміщений на 4 метри вище за вісь насоса, а вакуумметр - на 2 метри вище цієї осі. Діаметр усмоктувального патрубка насоса - 800 мм, діаметр напірного патрубка - 600 мм.

Розв'язання задачі. Спочатку приводимо показання манометра і вакуумметра до відмітки осі насоса:

$$P_{\text{ман.о.н.}} = P_{\text{ман}} + 4 \cdot \rho g = 360000 + 4 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 399420 \text{ Па};$$

$$P_{\text{вак.о.н.}} = P_{\text{вак}} - 2 \cdot \rho g = 60000 - 2 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 40380 \text{ Па}.$$

Визначаємо швидкість руху води в напірному й всмоктувальному патрубках насоса:

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi D_{i.}^2}{4}} = \frac{1,5 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,6^2} = 5,3 \text{ м/с}, \quad V_{6.} = \frac{1,5 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,8^2} = 2,99 \text{ м/с}.$$

За формулою (1) визначаємо напір насоса за показаннями приладів:

$$H_{i\grave{a}n} = \frac{399420}{1000 \cdot 9,81} + \frac{40380}{1000 \cdot 9,81} + \frac{5,3^2 - 2,99^2}{2 \cdot 9,81} \cong 45,4 \text{ м.вод.стовпа}.$$

Задача 2. Визначити тиск, який створює насос, якщо відомо наступне:

Насос транспортує рідину густиною 920 кг/м^3 і розвиває при цьому подачу $3200 \text{ м}^3/\text{год}$. До напірного і всмоктувального патрубків насоса підключено манометри, які показують відповідно тиск $1,06$ і $0,12 \text{ МПа}$ ($10,6$ і $1,2 \text{ атм}$). Обидва манометри виведено на спільний стенд, вони розміщені на одній відмітці на 6 метрів вище за відмітку осі насоса. Діаметр усмоктувального патрубка насоса 700 мм , напірного - 500 мм .

Розв'язання задачі: За умовою обидва манометри розміщені на одній геодезичній відмітці, тому можна скористатися їх показаннями без додаткових коректив (при бажанні, можна привести показання цих манометрів до відмітки осі насоса і впевнитися, що результат буде тим самим). Тому вираховуємо тільки швидкості руху рідини в напірному й всмоктувальному патрубках насоса:

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi D_{i.}^2}{4}} = \frac{3200 \cdot 4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 4,53 \text{ м/с}; \quad V_1 = \frac{3200 \cdot 4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,7^2} = 2,31 \text{ м/с}.$$

За формулою (2) знаходимо тиск насоса за показаннями приладів:

$$P_{i\grave{a}n} = 1060000 - 120000 + \frac{920}{2} (4,53^2 - 2,31^2) = 946985 \text{ Па, або } \approx 9,47 \text{ атм}.$$

Визначення напору насоса при проектуванні

Необхідний напір насоса дорівнює сумі геометричної висоти підйому рідини (статичний напір) і повних втрат напору, що виникають при русі рідини по всмоктувальному й напірному трубопроводах.

$$H = H_r + h_{\text{нап}} + h_{\text{всм}} . \quad (3)$$

Втрати напору за довжиною можна обчислити за однією із формул гідравліки:

$$h_{\text{довж}} = \lambda \frac{L V^2}{2dg} \quad (\text{формула Дарсі}),$$

$$\text{або} \quad h_{\text{довж}} = SQ^2 = A_0 k L Q^2 ,$$

де λ - коефіцієнт тертя;

L - довжина трубопроводу;

V - швидкість руху рідини;

d - діаметр трубопроводу;

g - прискорення сили тяжіння;

S - коефіцієнт опору трубопроводу;

Q витрата по трубопроводу;

A_0 - коефіцієнт питомого опору трубопроводу;

k - коефіцієнт, що коригує неквадратичність залежності.

У практиці розрахунків систем водопостачання великого поширення набула формула

$$h_{\text{довж}} = i L ,$$

де i - гідравлічний ухил.

Втрати напору в місцевих опорах найчастіше обчислюють за формулою Вейсбаха:

$$h_{\text{іпö}} = \zeta \frac{V^2}{2g},$$

Де ζ - коефіцієнт місцевого опору.

Висота всмоктування насоса

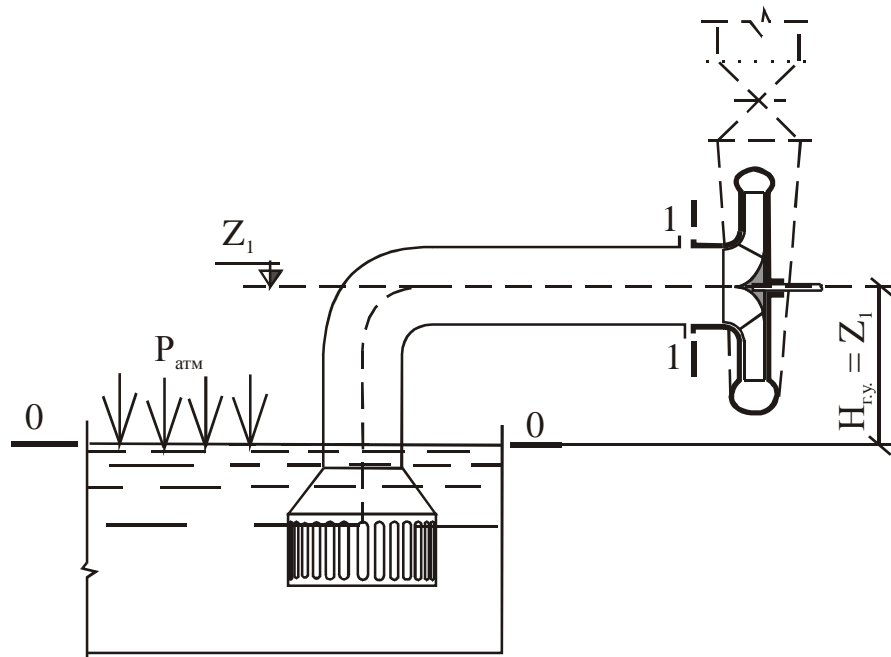


Рис. 2

$$i_{\text{г.в.}} = i_{\text{п.в.}} - h_{\text{п.в.}} - \frac{V_1^2}{2g}; \quad (4)$$

де V_1 - швидкість руху рідини в перерізі 1-1;

$h_{\text{п.в.}}$ - повні втрати напору між перерізами 0-0 і 1-1 (повні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі).

Геометрична висота всмоктування насоса менша за вакууметричну на величину повних втрат напору у всмоктувальному трубопроводі і на величину швидкісного напору у всмоктувальному патрубку насоса

Якщо відома величина Δh , то найбільшу геометричну висоту всмоктування можна визначити за формулою:

$$i_{\text{г.в.}} = i_{\text{п.в.}} - h_t - \Delta h - h_{\text{п.в.}} - \frac{V_1^2}{2g}. \quad (5)$$

Якщо насосна установка проектується для місцевості, де атмосферний тиск відрізняється від 10 м.вод.ст., або для перекачування води з температурою більше 20°C , то паспортну величину $(H_{\text{в.в.}}^{\text{доп}})_{\text{пасп}}$ слід уточнити за формулою:

$$\left(\rho_{\text{в. ст.}} \right)_{\text{в. ст.}} = \left(\rho_{\text{в. ст.}} \right)_{\text{в. ст.}} - 10 + H_{\text{атм}} + 0,24 - h_t . \quad (6)$$

У цьому випадку найбільша геометрична висота всмоктування насоса буде:

$$h_{\text{в. ст.}} = \left(\rho_{\text{в. ст.}} \right)_{\text{в. ст.}} - h_{\text{в. ст.}} - \frac{V_1^2}{2g} . \quad (7)$$

Залежно від висоти над рівнем моря величину $H_{\text{атм}}$ можна взяти з табл. 1.

Таблиця 1

Висота над рівнем моря в метрах	-600	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
Атмосферний тиск, Натм м. вод. стовпа	11,3	10,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	8,6	8,4

Тиск насиченої пари води h_t залежно від її температури, можна взяти із табл. 2.

Таблиця 2

Температура води, °С	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Тиск насиченої пари води, h_t м. вод. стовпа	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,33

Задача 1. Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, якщо відомо наступне: насос планується встановлювати в місцевості, що знаходиться на висоті 1000 метрів над рівнем моря, він буде перекачувати з відкритого резервуару воду температурою до 60 °С. При проектуванні визначено, що при розрахунковій подачі повні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі складають 0,75 м.вод.стовпа, а швидкість руху води у всмоктувальному патрубку насоса - 3 м/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q - \Delta h$, згідно з якою, при розрахунковій подачі $\Delta h = 6,5$ м.вод.ст.

Розв'язання задачі. Із табл. 1 і 2 знаходимо, що атмосферний тиск на висоті 1000 метрів над рівнем моря $H_{\text{атм}} = 9,2$ м.вод.ст., а тиск насиченого пару води при температурі 60°C - $h_t = 2,02$ м.вод.ст. За формулою (5) знаходимо найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування насоса:

$$H_{\text{г.у.}}^{\text{макс.}} = 9,2 - 2,02 - 6,5 - 0,75 - \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} \cong -0,53 \text{ м.}$$

Отриманий результат показує, що насос (його вісь) слід розміщувати нижче (знак мінус) рівня води у всмоктувальному резервуарі не менше ніж на 0,53 м.

Задача 2. Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для тих же умов і вихідних даних, що описані в прикладі 1, але для насоса, в технічному паспорті якого наведена характеристика $Q - H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, а не $Q - \Delta h$. Згідно з цією характеристикою, $(H_{\text{вак}}^{\text{доп}})_{\text{пасп}} = 4,9$ м.вод.ст. при розрахунковій подачі.

Розв'язання задачі. Оскільки насосна установка проектується для перекачування нагрітої води в місцевості, де атмосферний тиск відрізняється від 10 м.вод.ст., то паспортну величину $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ коригуємо за формулою (6):

$$(H_{\text{вак}}^{\text{доп}})_{\text{роб}} = 4,9 - 10 + 9,2 + 0,24 - 2,02 = 2,32 \text{ м.вод.ст.}$$

За формулою (4) знаходимо найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування насоса:

$$H_{\text{г.у.}}^{\text{макс.}} = 2,32 - 0,75 - \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} \cong 1,11 \text{ м.}$$

Отриманий результат показує, що для нормальної роботи насоса його можна розміщувати над рівнем води у всмоктувальному резервуарі не вище ніж на 1,11 м.

Коефіцієнт швидкохідності насоса

Для порівняння лопатневих насосів різного типу користуються поняттям коефіцієнта швидкохідності, об'єднуючи насоси в групи за принципом їх геометричної і кінематичної подібності.

Коефіцієнтом швидкохідності насоса n_s називається кількість обертів другого насоса, який в усіх деталях геометрично подібний до того що розглядається, але таких розмірів, що працюючи в тому ж режимі, створює напір 1 м.вод.ст. при подачі 75 л/с .

Числове значення n_s можна визначити з формул перерахунку

$$\frac{1}{i} = \left(\frac{n_s}{n} \right)^2 \left(\frac{D_s}{D} \right)^2 \quad \frac{0,075}{Q} = \frac{n_s}{n} \left(\frac{D_s}{D} \right)^3 \quad \} n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}. \quad (8)$$

Для насосів з двобічним входом рідини в робоче колесо в цю формулу слід підставляти половину подачі насоса. Для багатоступеневих насосів в цю формулу підставляють напір, який створює одне колесо.

При визначенні n_s у формулу підставляють подачу в м³/с і напір в м.вод.ст., що відповідають оптимальному режиму роботи насоса (тобто роботі з найбільшим коефіцієнтом корисної дії).

Коефіцієнт швидкохідності насоса - це важливий параметр, який широко використовується при визначенні типу насоса. Універсальність цього параметра в тому, що він одночасно враховує три найважливіші параметри насоса: подачу, напір і частоту обертання.

Задача 1. Визначити коефіцієнт швидкохідності одноступеневого насоса з однобічним підводом рідини до робочого колеса, коли відомо, що при швидкості обертання 1450 об/хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу 200 м³/год. при напорі 20 м.вод.ст.

Розв'язання задачі: Підставляючи у формулу (8) значення подачі насоса в м³/с і напору в м.вод.ст., отримуємо:

$$n_s = 3,65 \frac{1450 \sqrt{200/3600}}{\sqrt[4]{20^3}} \cong 132 .$$

Задача 2. Визначити коефіцієнт швидкохідності семиступеневого секційного насоса з однобічним підводом рідини до робочих колес, коли відомо, що при швидкості обертання 3000 об/хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу 60 м³/год. при напорі 198 м.вод.ст.

Розв'язання задачі. Підставляючи в формулу (8) значення подачі насоса в м³/с і напору, який розвиває одне робоче колесо (один ступінь) насоса в м.вод.ст., отримуємо

$$n_s = 3,65 \frac{3000 \sqrt{60/3600}}{\sqrt[4]{(198/7)^3}} \cong 115 .$$

Задача 3. Визначити коефіцієнт швидкохідності одноступеневого насоса з двобічним підводом рідини до робочого колеса, коли відомо, що при швидкості обертання 730 об/хв. і роботі в оптимальному режимі він розвиває подачу 6300 м³/год. при напорі 80 м.вод.ст.

Розв'язання задачі. Підставляючи у формулу (8) значення половини подачі насоса в м³/с і напір в м.вод.ст., отримуємо

$$n_s = 3,65 \frac{730 \sqrt{6300/(2 * 3600)}}{\sqrt[4]{80^3}} \cong 93 .$$

Вплив частоти обертання робочого колеса на характеристики відцентрового насоса

В умовах виробництва часто виникає потреба у визначенні характеристик насосів при частотах обертання, що відрізняються від номінальної (в технічному паспорті насоса наводяться характеристики для номінальної частоти обертання). Для розрахунків у таких випадках користуються формулами перерахунку. У цьому випадку **D = const** і формули перерахунку набувають вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{Q_1} &= \frac{n}{n_1}; \\ \frac{H}{H_1} &= \left(\frac{n}{n_1} \right)^2; \\ \frac{N}{N_1} &= \left(\frac{n}{n_1} \right)^3; \end{aligned} \right\} - \text{ ці залежності називають законом пропорційності}$$

Вакууметричну висоту всмоктування можна перерахувати за формулою

$$\left(\frac{n}{n_1} \right)_{n_1} = 10 - \left[10 - \left(\frac{n}{n_1} \right)_n \right] \cdot \left(\frac{n_1}{n} \right)^2. \quad (9)$$

Закон пропорційності за однією характеристикою ($Q - H$) дозволяє побудувати ряд характеристик для різних частот обертання. Для цього з рівнянь пропорційності вилучають частоту обертання:

$$H_1 = \frac{H_a}{Q_a^2} Q_1^2 = K Q_1^2. \quad (11)$$

Маємо рівняння параболи з вершиною в початку координат, яка проходить через точку a з координатами Q_a ; H_a . (див. рис. 3) Задавшись різними

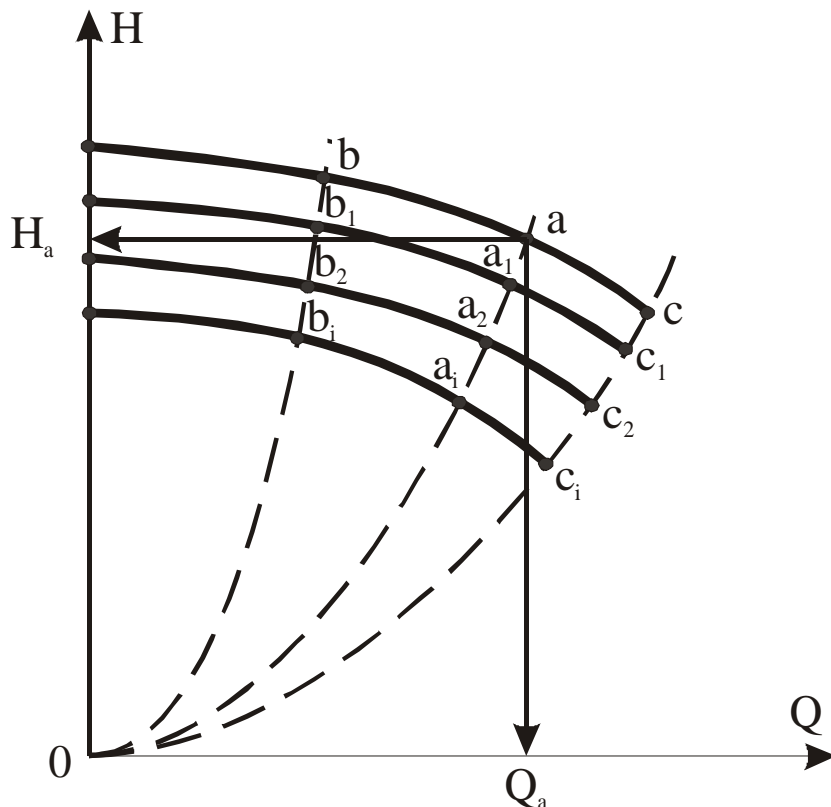


Рис. 3

величинами частот обертання, за формулами пропорційності вираховують координати точок $Q_{a1} - H_{a1}$; $Q_{a2} - H_{a2}$; ...; $Q_{ai} - H_{ai}$, куди переміститься точка **a** при частотах обертання n_1 ; n_2 ; ...; n_i . Усі ці точки лежать на параболі, що проходить через точку **a** і має вершину в початку координат. Ця парабола $(0; a_1; a_2; a_1; a)$ називається параболою подібних режимів.

Перерахунок будь-якої іншої точки характеристики **Q-H** (наприклад, точки **b** або **c**) на частоти обертання $n_1; n_2; ...; n_i$ дасть точки $b_1; b_2; ...; b_i$ і $c_1; c_2; ...; c_i$, які розмістяться на параболах, що проходять відповідно через точки **b** і **c**. Проводячи через точки $a_1; b_1; c_1$ плавну криву, отримаємо характеристику $Q_1 - H_1$ насоса при частоті обертання n_1 . Таким же чином отримують характеристики $Q_i - H_i$ для будь-якої частоти обертання.

Теоретично параболи подібних режимів повинні бути і лініями постійних ККД. Але в дійсності це не так. Найбільшого значення коефіцієнт корисної дії насоса досягає при номінальній (розрахунковій) частоті обертання. При будь-якій іншій частоті він зменшується. Це викликано тим, що вплив гідравлічних і механічних втрат різний при різних частотах обертання.

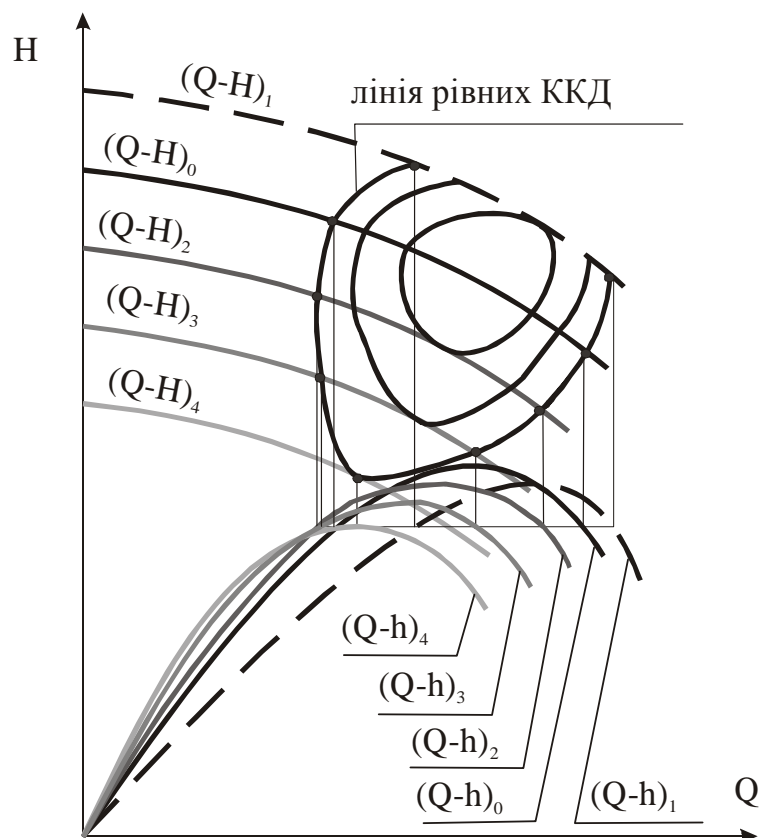


Рис. 4

Слід зазначити, що робота насоса з підвищеною проти номінальної частотою обертання дозволяється тільки при узгодженні із заводом-виробником.

При проектуванні й експлуатації насосних станцій зустрічаються два типи задач. У першому випадку за паспортними характеристиками необхідно побудувати характеристики насоса для частоти обертання, що відрізняється від номінальної (паспортної). У другому випадку необхідно визначити, при якій частоті обертання характеристика Q-H насоса пройде через розрахункову точку. Розглянемо обидва випадки.

Задача 1. За паспортними характеристиками для швидкості обертання 730 об/хв. (див. рис. 5) необхідно побудувати відповідні характеристики для швидкості обертання 650 об/хв.

Розв'язання задачі: а) Побудова характеристики (Q-H): На паспортній характеристиці Q-H задаємося рядом довільних точок 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 з координатами ($Q_1 = 6800 \text{ м}^3/\text{год.}$; $H_1 = 76 \text{ м.вод.ст.}$); (Q_2 ; H_2); За формулами закону пропорційності вираховуємо відповідні координати цих точок при швидкості обертання 650 об/хв.:

$$\frac{6800}{Q_1^1} = \frac{730}{650}; \quad Q_1^1 = \frac{6800 \cdot 650}{730} \cong 6055 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\frac{76}{H_1^1} = \frac{730^2}{650^2}; \quad H_1^1 = \frac{76 \cdot 650^2}{730^2} \cong 60,3 \text{ м.вод.ст.}$$

Розрахунки зведено в табл. 3

Таблиця 3

№ точок		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Координати точок при $n=730 \text{ об/хв}$	Q	6800	6000	5200	4400	3600	2800	2000	1200	0
	H	76	80,5	84	87	89	90,5	91	91,5	91,5
Координати точок при $n=650 \text{ об/хв}$	Q'	6055	5342	4630	3918	3205	2493	1781	1068	0
	H'	60,3	63,8	66,6	69	70,6	71,8	72,1	72,5	72,5

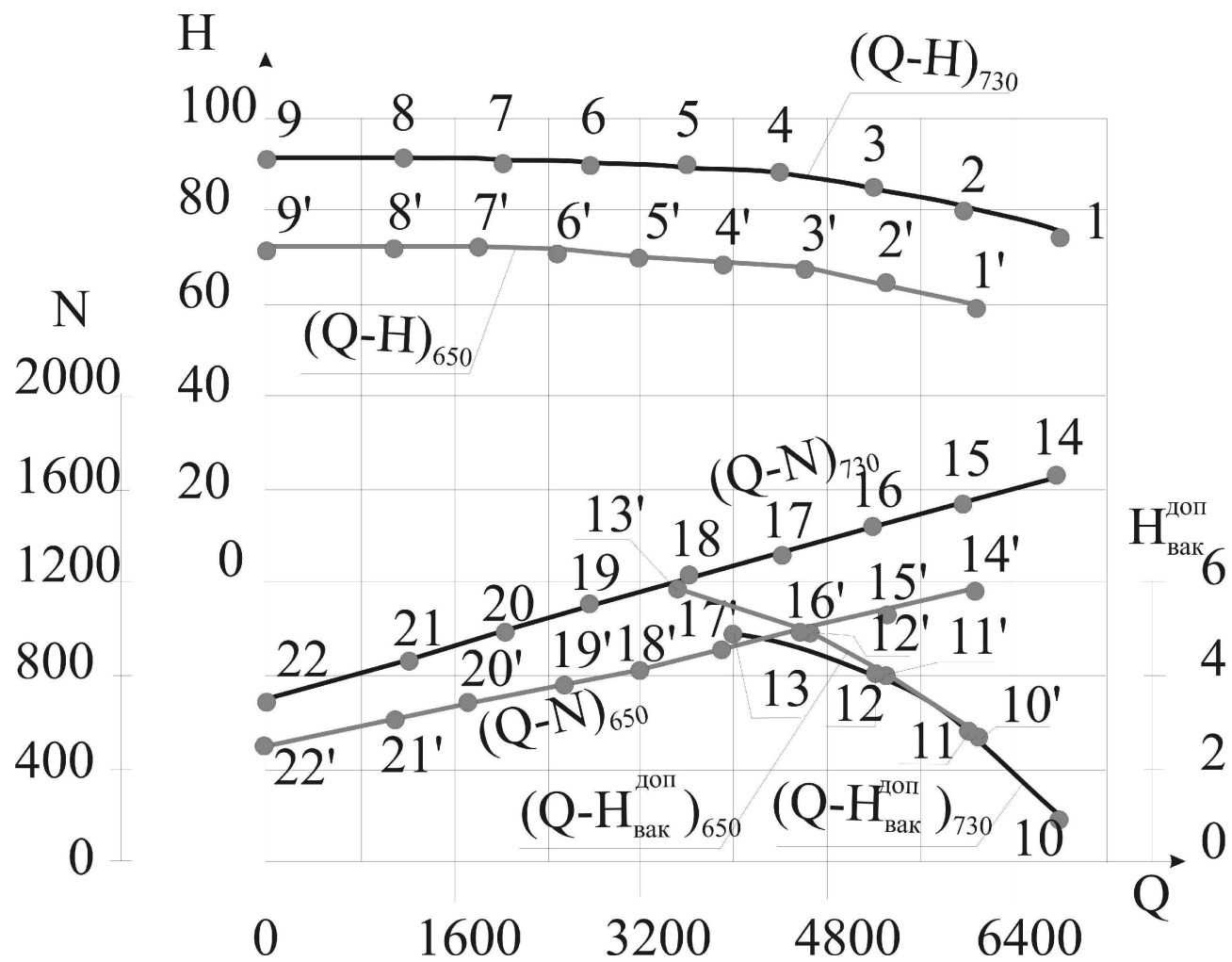


Рис. 5

За отриманими координатами наносимо на графік точки 1', 2', ... , 9' і з'єднуємо їх плавною кривою. Ця крива $(Q-H)_{650}$ і буде характеристикою $(Q-H)$ насоса при швидкості обертання 650 об/хв.

б) Побудова характеристики $Q - H_{\text{аае}}^{\text{аіі}}$: На паспортній характеристиці $Q - H_{\text{аае}}^{\text{аіі}}$ задаємося довільними точками 10, 11, 12, 13 з координатами $Q_{10}=6800$ м³/годину - $(H_{\text{аае}}^{\text{аіі}})_{10} = 1$ м.вод.ст.; $Q_{11} - (H_{\text{аае}}^{\text{аіі}})_{11}$.

За формулою (9) вираховуємо відповідні значення $(H_{\text{аае}}^{\text{аіі}})$ при швидкості обертання 650 об/хвилину. Розрахунки зведено в табл. 4.

Таблиця 4

№ точок		10	11	12	13
Координати точок при n=730об/хв	Q	6800	6000	5200	4000
	$H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$	1,0	2,5	4,0	4,8
Координати точок при n=650об/хв	Q'	6055	5342	4630	3562
	$(H_{\text{вак}}^{\text{доп}})'$	2,86	4,05	5,24	5,87

За отриманими координатами наносимо точки 10', 11', 12', 13' і через них проводимо нову характеристику $(Q - H_{\text{вак}}^{\text{доп}})_{650}$. Як видно з рис. 5, характеристика $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ при швидкості обертання 650 об./хв. не знизилась. Тому при розрахунках характеристику $(Q - H_{\text{вак}}^{\text{доп}})$ часто не перебудовують.

в) Побудова характеристики Q-N: На паспортній характеристиці Q-N задаємося рядом довільних точок 14, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 з координатами $Q_{14} = 6800$ м³/год. - $N_{14} = 1650$ кВт; $Q_{15} - N_{15}$; За формулами закону пропорційності вираховуємо відповідні значення Q' і N' для швидкості обертання 650 об/хв.:

$$\frac{1650}{N_{14}^1} = \frac{730^3}{650^3}; \quad N_{14}^1 = \frac{1650 \cdot 650^3}{730^3} \cong 1165 \text{ кВт.}$$

Розрахунки зведено в табл. 5

Таблиця 5

№ точок		14	15	16	17	18	19	20	21	22
Координати точок при $n=730$ об/хв	Q	6800	6000	5200	4400	3600	2800	2000	1200	0
	N	1650	1540	1430	1320	1210	1100	990	880	710
Координати точок при $n=650$ об/хв	Q'	6055	5342	4630	3918	3205	2493	1781	1068	0
	N'	1165	1087	1010	932	854	777	699	621	501

За отриманими координатами наносимо точки 14', 15', ..., 22' і через них проводимо нову характеристику $(Q-N)_{650}$ для швидкості обертання 650 об./хв.

Задача 2. У процесі проектування насосної станції встановлено, що для роботи в системі потрібний насос з подачею 5600 м³/год. при напорі 68 м.вод.ст. Насоса з такими характеристиками промисловість не виробляє. Тому для установки проектується найближчий більш потужний насос. Його характеристики при частоті обертання 730 об./хв. зображено на рис. 6. Щоб уникнути непродуктивних витрат енергії, вирішено зменшити швидкість обертання насоса. Необхідно визначити, при якій частоті обертання характеристика Q - Н насоса пройде через розрахункову точку А з координатами $Q_A = 5600$ м³/год.; $H_A = 68$ м.вод.ст.

Розв'язання задачі. Щоб скористатися формулами закону пропорційності, спочатку треба знайти ту єдину точку на паспортній характеристиці (Q - Н), яка при зниженні частоти обертання переміститься в розрахункову точку А. Найпростіше цю точку можна знайти графічним способом. Для цього побудуємо параболу подібних режимів, яка буде проходити через точку А. Підставивши у формулу (10) координати точки А, отримуємо рівняння цієї параболи:

$$H = \frac{68}{5600^2} Q^2 = 0,00000216863 \cdot Q^2.$$

Задаючись довільними значеннями Q, вираховуємо за цим рівнянням координати ряду точок, через які проводимо параболу: $(Q_0 = 0; H_0 = 0)$, $(Q_1 = 1600; H_1 = 5,55)$, $(Q_2 = 3200; H_2 = 22,2)$, $(Q_3 = 4800; H_3 = 50)$, $(Q_A = 5600;$

$H_A = 68$), ($Q_4 = 6400$; $H_4 = 88,8$). Перехрещення цієї параболи з паспортною характеристикою $Q-H$ насоса дає точку **Б** з координатами $Q_B = 6075 \text{ м}^3/\text{год.}$; $H_B = 80 \text{ м.вод.ст.}$ Оскільки точка **Б** знаходиться на одній параболі подібних режимів з точкою **А**, то саме вона переміститься в точку **А** при одній із швидкостей обертання. Знаходимо цю швидкість, підставляючи у формули пропорційності координати точок **Б** і **А**:

$$\frac{6075}{5600} = \frac{730}{n_A}; \quad n_A = \frac{5600 \cdot 730}{6075} = 672,9 \text{ об./хв.}$$

Близькі значення отриманих величин n_A свідчать, що координати точки **Б** знайдено досить точно (графічний спосіб завжди приблизний). Після знаходження розрахункової швидкості обертання слід перерахувати характеристики насоса, як це було зроблено у попередній задачі.

$$\frac{80}{68} = \frac{730^2}{n_A^2}; \quad n_A = 730 \sqrt{\frac{68}{80}} = 673,0 \text{ об./хв.}$$

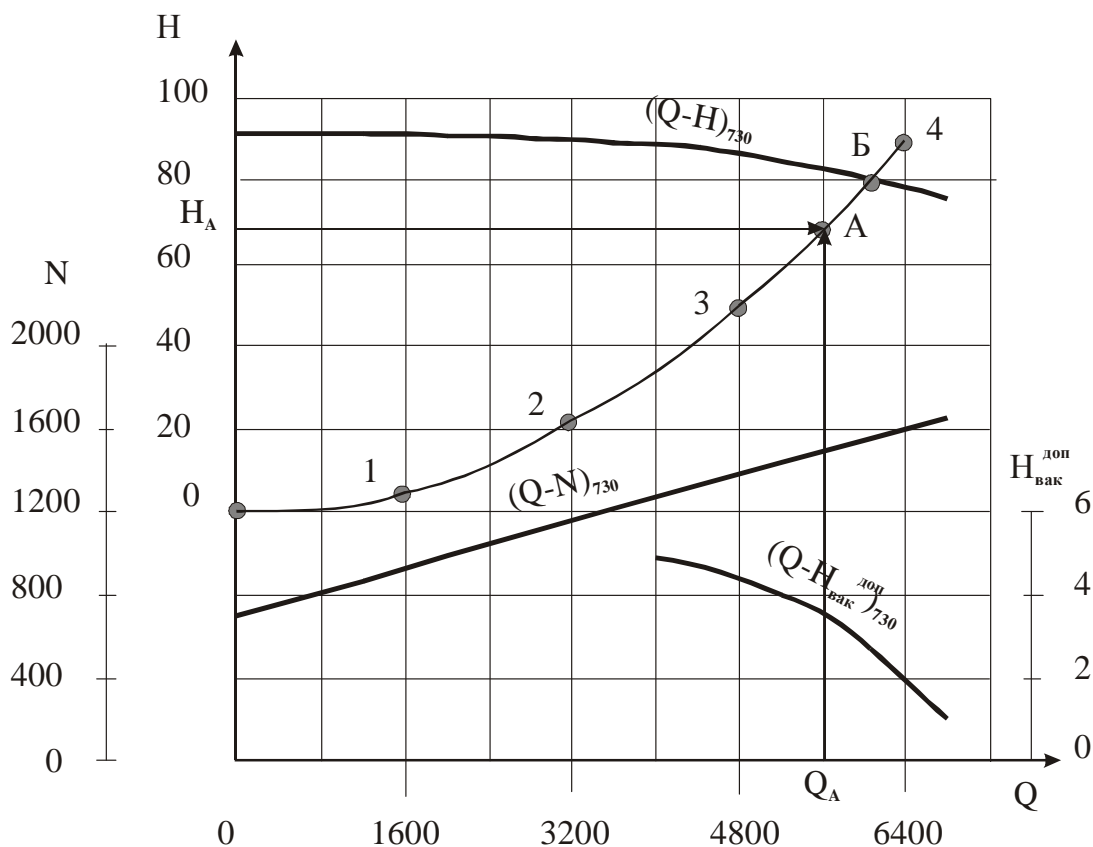


Рис. 6.

Обточування робочого колеса відцентрового насоса

Для розширення поля роботи насоса в практиці проектування і експлуатації часто використовують обточування робочого колеса насоса, тобто зменшують зовнішній діаметр колеса D_2 .

Подачу $Q_{обт}$ і напір $H_{обт}$ насоса з робочим колесом, яке обточено до діаметра $D_{обт}$, можна визначити із рівнянь закону подібності, якщо відомі подача Q і напір H насоса з номінальним (не обточеним) колесом діаметром D .

Із закону подібності при $n = \text{const}$ і $b_2 = \text{const}$ маємо:

$$\frac{Q_{обт}}{Q} = \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^2 \quad \text{і} \quad \frac{H_{обт}}{H} = \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^2.$$

Але практика показала, що для відцентрових насосів з коефіцієнтом швидкохідності $n_s < 150$ кращі результати дають формули:

$$\begin{aligned} \frac{Q_{обт}}{Q} &= \frac{D_{обт}}{D}; \\ \frac{H_{обт}}{H} &= \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^2; \\ \frac{N_{обт}}{N} &= \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^3. \end{aligned}$$

Це пояснюється тим, що при обточуванні змінюється не тільки зовнішній діаметр робочого колеса, але й робочий кут лопатки β_2 .

При розрахунках обточування за останніми формулами режимні точки переміщуються по квадратичних параболах з вершинами у началі координат, а характеристики $Q - H$ насоса з обточеним колесом будують аналогічно характеристикам з іншою частотою обертання.

Коефіцієнт корисної дії відцентрового насоса при обточуванні робочого колеса можна розрахувати за формулою Муді:

$$\eta_{іаò} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{іаò}} \right)^{0,25}. \quad (11)$$

Приблизно можна вважати, що при обточуванні робочого колеса в межах допустимої величини, ККД насоса зменшується на 1% на кожні 10% обточки при $n_s < 200$, і на 1% на кожні 4% обточки при $n_s = 200 - 300$.

Залежно від коефіцієнта швидкохідності найбільша обточка робочого колеса не повинна перевищувати таких значень:

$$\text{при } n_s < 120 \quad \frac{D - D_{\text{обт}}}{D} 100 \leq 15 \div 20 \%;$$

$$\text{при } 120 < n_s < 200 \quad \frac{D - D_{\text{обт}}}{D} 100 \leq 11 \div 15 \%;$$

$$\text{при } 200 < n_s < 300 \quad \frac{D - D_{\text{обт}}}{D} 100 \leq 7 \div 11 \% .$$

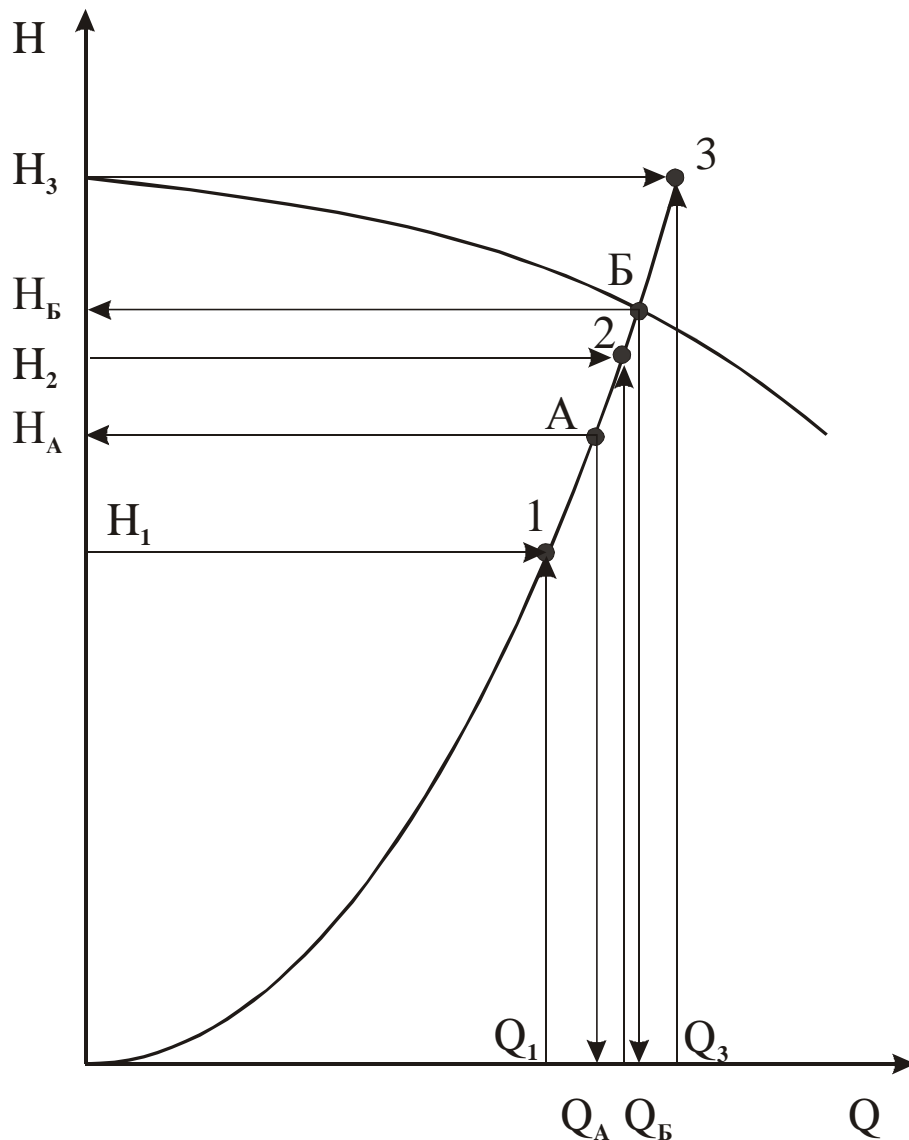


Рис. 7

Обточування робочих колес діагональних (напівосьових) і осьових насосів не рекомендується.

При необхідності обточування робочого колеса доводиться розв'язувати таку задачу: в технічному паспорті насоса (або у каталозі) є характеристика **Q-H** насоса для номінального робочого колеса діаметром **D**. Режимна точка **A(Q_a - H_a)** не співпадає з цією характеристикою і лежить нижче за неї. Треба визначити діаметр **D_{обт}** до якого слід обточити робоче колесо, щоб характеристика **Q_{обт} - H_{обт}** пройшла через точку **A**.

Для розв'язання цієї задачі за допомогою формул перерахунку будують параболу подібних режимів, яка проходить через точку **A** (див. задачу 2 із попереднього параграфа). Рівняння цієї параболи має вигляд: $\dot{H} = \frac{\dot{H}_a}{Q_a^2} Q^2$.

Задавши різні значення витрат **Q₁; Q₂; Q₃**, вираховують відповідні значення напорів **H₁; H₂; H₃** і будують параболу подібних режимів **1; A; 2; 3**. Перехрещення цієї параболи з кривою **Q-H** дає точку **B**, яка після обточування переміститься у точку **A**. Після цього визначають діаметр обточеного колеса, прийнявши **Q_{обт} = Q_a**: $D_{\dot{H}_a} = D \frac{Q_{\dot{H}_a}}{Q_c}$. Окрім того перевіряють величину **D_{обт}**

за формулою: $D_{\dot{H}_a} = D \sqrt{\frac{H_{\dot{H}_a}}{H_c}}$.

Вираховують процент обточки **(D - D_{обт}) 100 / D** і порівнюють його із допустимим для даного типу насосів. За величиною процента обточки або за формулою (11), знаходять величину зниження коефіцієнта корисної дії насоса.

Для побудови характеристики **Q_{обт} - H_{обт}** після того, як знайдено **D_{обт}**, на характеристиці **Q-H** беруть кілька довільних точок і вираховують координати, куди ці точки перемістяться після обточування (див. задачу 1 з попереднього параграфа). Потім через отримані точки проводять плавну криву, яка і буде характеристикою **Q_{обт} - H_{обт}** насоса з робочим колесом, обточеним до величини **D_{обт}**.

Сумісна робота насосів і трубопроводної мережі

При проектуванні, а також при аналізі роботи діючих насосних станцій виникає потреба у визначенні робочих режимів насосів.

Робочою точкою насоса, що характеризує його режим при роботі на напірний трубопровід, називається точка перехрещення характеристики **Q - H** насоса з характеристикою трубопроводу.

Задачу знаходження робочої точки насоса легко вирішувати графічно шляхом нанесення на єдине поле координат характеристик насоса і трубопроводу. Характеристику насоса при цьому беруть із технічного паспорта або з каталога насосів.

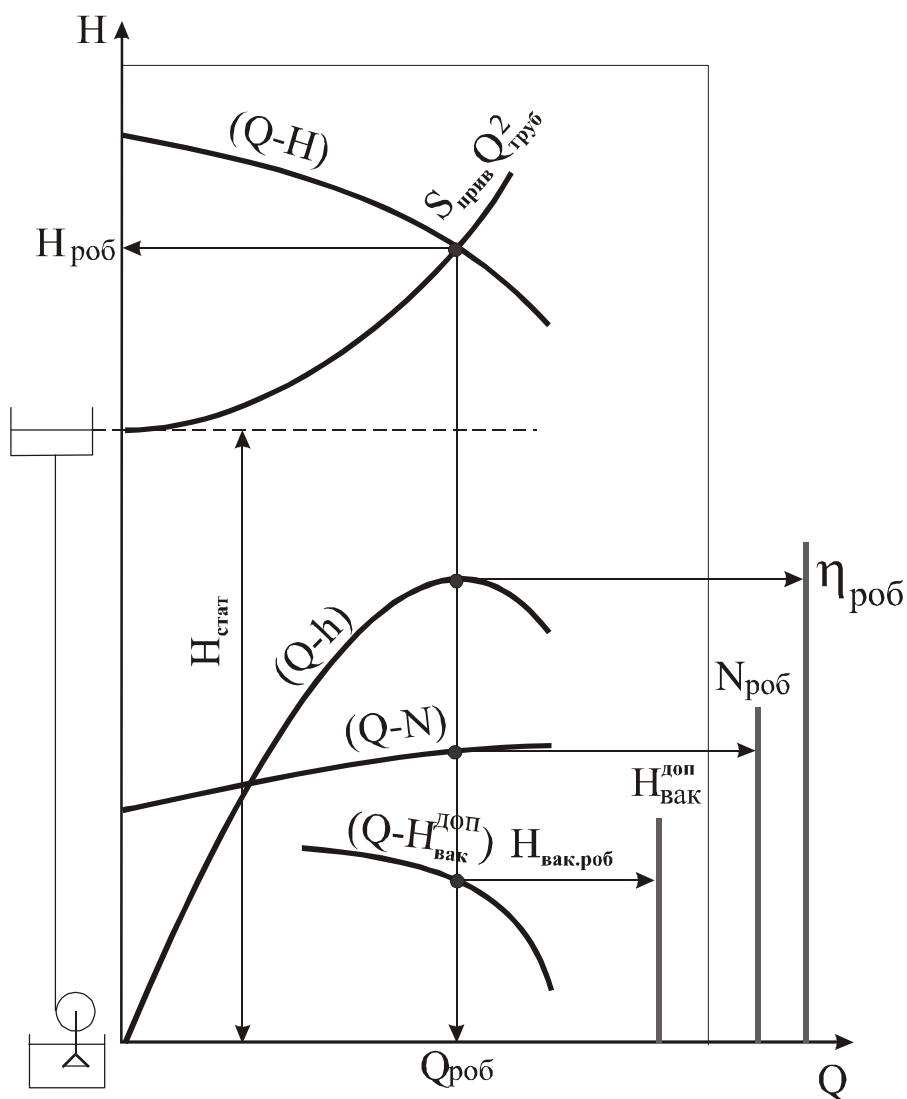


Рис. 8

Для побудови графічної характеристики трубопроводу користуються формулою

$$H_{\text{дод}} = H_{\text{стат}} + S_{\text{прив}} Q_{\text{дод}}^2, \quad (12)$$

де $S_{\text{прив}}$ - приведений коефіцієнт опору трубопроводу, який урахує втрати напору у водоводах, комунікаціях насосної станції і у водопровідній мережі; $H_{\text{стат}} = (H_{\text{геом}} + H_{\text{вільн}})$ - статична висота підйому, що складається з геометричної висоти підйому й вільного напору в кінці трубопроводу.

Приймаючи різні значення $Q_{\text{труб}}$, вираховують відповідні значення $H_{\text{труб}}$ і отримані результати наносять у вигляді точок на графік, де вже нанесено характеристику $Q - H$ насоса. Через отримані точки проводять плавну криву, яка і буде характеристикою трубопроводу. Вона має вигляд параболи з вершиною у точці $Q = 0; H = H_{\text{стат}}$ (див. рис. 8).

Точка перехрещення характеристик насоса і трубопроводу є робочою точкою системи. Вона визначає всі параметри роботи насоса ($Q_{\text{роб}}; H_{\text{роб}}; N_{\text{роб}}; \eta_{\text{роб}}; H_{\text{вак.роб}}$) на даний трубопровід. Більшої витрати по даному трубопроводу насос подати не може.

Паралельна робота кількох однотипних насосів на два водоводи

Необхідно визначити режим роботи системи, що складається з трьох однотипних насосів, які працюють на два паралельні водоводи. Відомі характеристики насосів. Раз насоси однотипні, то характеристики всіх трьох насосів співпадають між собою. Відомі характеристики кожного з водоводів $S_a Q^2$ і $S_b Q^2$. На рис. 9 зображено характеристики двох водоводів, які подають воду від насосної станції у спільний резервуар і мають різні коефіцієнти опору (наприклад різні діаметри). Слід визначити режим роботи всієї системи в цілому, а також, кожного з насосів і водоводів окремо. Крім того, слід проаналізувати різні варіанти роботи цієї системи (роботу одного, двох і трьох

насосів на один і два водоводи).

Для аналізу різних варіантів роботи системи слід побудувати сумарні характеристики паралельної роботи двох і трьох насосів, а також сумарну характеристику паралельної роботи двох водоводів.

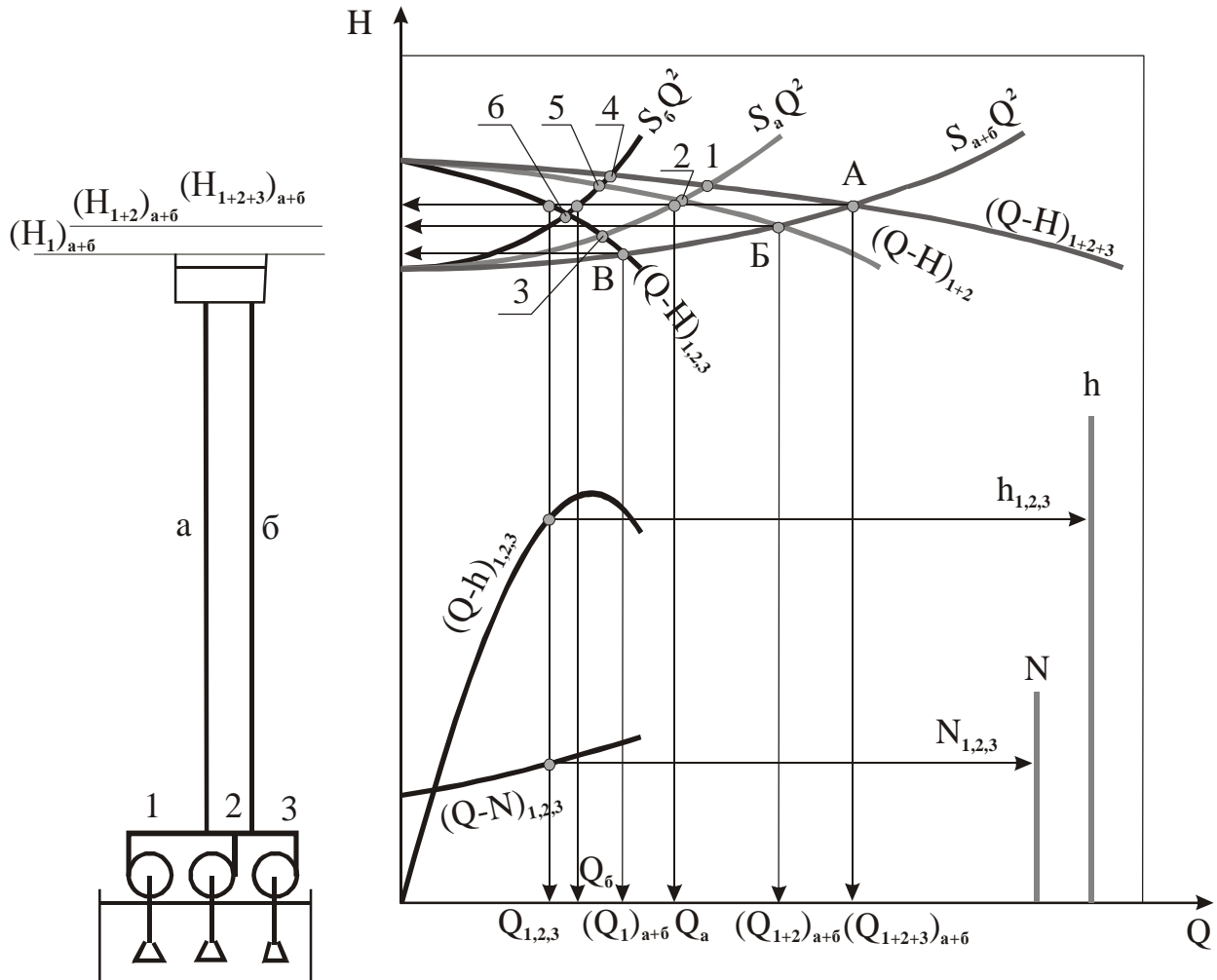


Рис. 9

Сумарні характеристики паралельної роботи двох $(Q-H)_{1+2}$ і трьох $(Q-H)_{1+2+3}$ насосів будуємо так же, як і в попередньому параграфі. Подвоюючи, і потроюючи абсиси характеристики $(Q-H)_{1,2,3}$ при рівних напорах отримуємо дві сумарні характеристики насосів.

Принцип побудови сумарної характеристики паралельної роботи двох водоводів той же, що й при побудові сумарної характеристики насосів. При рівних напорах сумують витрати по кожному з водоводів. Фізична суть цієї побудови така. Характеристика трубопроводу показує, який напір слід створити

на початку трубопроводу, щоб у ньому підтримувалася потрібна витрата. За допомогою характеристики трубопроводу можна розв'язати і зворотне завдання. Якщо відомий напір на початку трубопроводу, то за характеристикою можна визначити, яка витрата буде в трубопроводі при цьому напорі. При побудові сумарної характеристики використовують саме це зворотне завдання. Ми задаємося довільним напором на початку трубопроводів і визначаємо, яка витрата при цьому напорі буде по кожному з водоводів. При одночасній паралельній роботі водоводів сумарна витрата по двох водоводах при цьому напорі дорівнюватиме сумі витрат по кожному з водоводів. Задаючись різними напорами, отримуємо ряд точок сумарної характеристики водоводів. Проводячи через ці точки плавну криву, одержуємо сумарну характеристику $S_{a+b}Q^2$ двох водоводів, які працюють паралельно.

Точка перехрещення сумарної характеристики водоводів і сумарної характеристики трьох насосів (точка **A**) є робочою точкою системи і визначає всі параметри роботи системи: $(Q_{1+2+3})_{a+b}$ - подача трьох насосів при роботі на два водоводи; $(H_{1+2+3})_{a+b}$ - створюваний при цьому напір; Q_a і Q_b - витрати відповідно по водоводу **a** і водоводу **b**, $Q_a + Q_b = (Q_{1+2+3})_{a+b}$; $Q_{1,2,3}$ - подача кожного з насосів при їх паралельній роботі на два водоводи $Q_1+Q_2+Q_3=(Q_{1+2+3})_{a+b}$; $N_{1,2,3}$ - потужність кожного з насосів; $\eta_{1,2,3}$ - коефіцієнт корисної дії кожного із насосів.

У випадку роботи двох насосів на два водоводи робочою точкою буде точка **Б**. При цьому витрата в системі буде $(Q_{1+2})_{a+b}$, а напір - $(H_{1+2})_{a+b}$.

При роботі одного насоса на два водоводи робочою точкою буде точка **В**, а витрата і напір відповідно $(Q_1)_{a+b}$ і $(H_1)_{a+b}$.

Якщо відключити один водовід **б** і працювати трьома насосами тільки на водовід **а**, то робочою точкою буде точка **1**. При роботі двох і одного насоса на водовід **а** робочими точками будуть відповідно точки **2** і **3**.

Якщо відключити водовід **а** і працювати тільки на водовід **б**, то при роботі трьох, двох і одного насоса робочими точками будуть відповідно точки **4**, **5** і **6**. Усі параметри роботи системи в цих випадках визначаються робочими точками і на рисунку не показані, щоб не захащувати креслення.

Якщо із роботи будуть виключатися тільки окремі ділянки водоводів, а не водоводи цілком (наприклад при наявності перемичок між водоводами), то

сумарна характеристика водоводів у цих випадках займатиме проміжне положення між лініями $S_{a+b}Q^2$ і S_bQ^2 .

Послідовна робота насосів.

Послідовною називають таку роботу насосів, коли один з них бере воду з резервуара і подає її в усмоктувальний патрубок другого, а цей останній подає воду в напірний трубопровід.

При проектуванні послідовної роботи насосів слід перевірити й узгодити із заводом-виробником, який тиск може витримувати другий (за рухом рідини) насос. Якщо сумарний тиск, який створюють два насоси, більший за дозовану величину, то даний насос використовувати в такій системі не можна.

Для побудови сумарної характеристики насосів, які працюють послідовно, слід скласти ординати характеристик **Q-H** цих насосів при однакових подачах. Тобто спільний напір, який створюють насоси при послідовній роботі, дорівнює сумі напорів, які створюють окремі насоси. У випадку послідовної роботи двох однакових насосів ординати характеристики **Q-H** подвоюються.

На рис. 10,а зображена сумарна характеристика послідовної роботи двох однакових насосів для випадку, коли кожний з них окремо не в змозі підняти воду на потрібну висоту ($H_{геом} > H_0$).

Характеристику сумісної роботи двох насосів $(Q-H)_{I+II}$ отримано подвоєнням ординат характеристики кожного з насосів (крива $(Q-H)_{I,II}$), наприклад ординати H_b в точці **б** при подачі Q_b . Робоча точка системи (точка **А**) лежить на перехрещенні сумарної характеристики двох насосів з характеристикою трубопроводу.

Насоси включають послідовно і в тих випадках, коли один насос у змозі подати воду в систему ($H_{геом} < H_0$), але не може забезпечити при цьому необхідну подачу. Побудова сумарної характеристики двох однакових насосів для такого випадку показана на рис. 10, б. Як видно з цього рисунка, послідовне включення насосів дозволяє збільшити не тільки напір, але і подачу води.

У разі послідовної роботи двох різнотипних насосів (насосів з

неодинаковими характеристиками) сумарна крива їх сумісної роботи будується шляхом складання ординат характеристик кожного із насосів при однакових подачах.

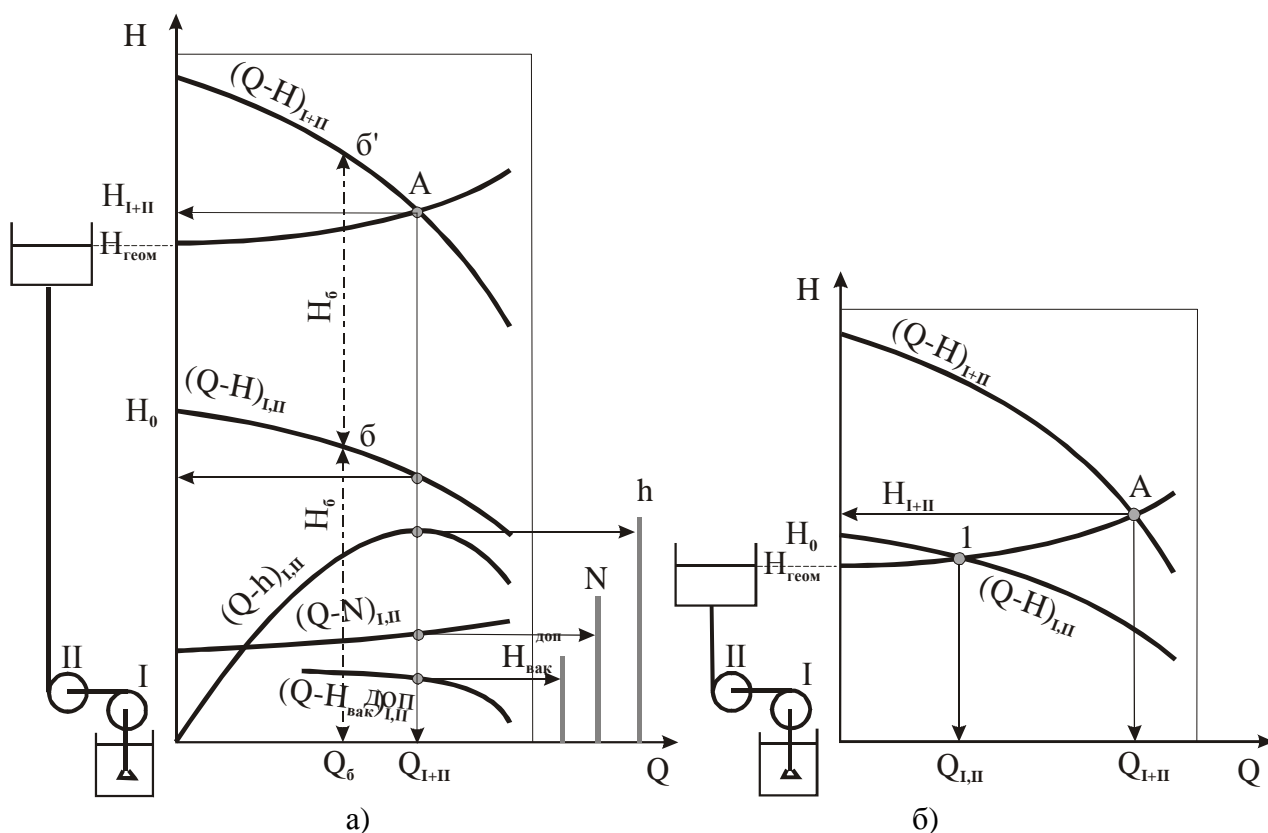


Рис 10 – Послідовна робота насосів.
а) - при $H_{\text{геом}} > H_0$; б) - при $H_{\text{геом}} < H_0$

У практиці транспортування рідини на великі відстані при значних геометричних висотах підйому буває необхідно розміщувати насоси, які працюють послідовно, на значних відстанях один від одного (тобто влаштовувати станції підкачки).

Характеристику сумісної роботи в цьому випадку будують так (рис. 11). При заданих характеристиках насосів $(Q-H)_I$ і $(Q-H)_{II}$ спочатку будують характеристику насоса **I**, приведену до точки **б** (точки де трубопровід від насоса **I** підключено до насоса **II**). Для цього від ординат кривої $(Q-H)_I$ віднімають втрати напору в трубопроводі на ділянці **аб**, користуючись характеристикою цього трубопроводу (крива $S_{ab}Q^2$). Таким чином отримують характеристику насоса **I**, приведену до точки **б** $(Q-H)_{Iб}$. Потім ординати цієї кривої сумують з ординатами характеристики насоса **II** і отримують сумарну характеристику сумісної роботи насосів **I** і **II** (крива $(Q-H)_{I+II}$).



Якщо в точках **I** і **II** знаходяться не окремі насоси, а цілі насосні станції з кількома насосами, то замість характеристик одиночних насосів наносять сумарні характеристики цих насосних станцій, побудувавши їх окремо. Далі діють так, як щойно було розглянуто.

Завдання для самостійної роботи

Задача 1

Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, коли відомо наступне: Насос буде встановлено на висоті 900 метрів над рівнем моря, він буде перекачувати воду температурою 50°C з відкритого резервуару. Коефіцієнт опору всмоктувального трубопровода $S = 0,6 \times 10^{-6}$ (для $\text{м}^3/\text{год}$). Діаметр усмоктувального патрубку - 500 мм. Розрахункова подача – $Q = 300$ л/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q-\Delta h$, згідно з якою при розрахунковій подачі $\Delta h = 6,5$ м. вод. ст.

Задача 2

Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, коли відомо наступне: Насос буде встановлено на висоті 800 метрів над рівнем моря, він буде перекачувати воду температурою 60°C із відкритого резервуару. Коефіцієнт опору всмоктувального трубопровода $S = 0,1 \times 10^{-6}$ (для $\text{м}^3/\text{год}$). Діаметр усмоктувального патрубку - 600 мм. Розрахункова подача – $Q = 1000$ л/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q-\Delta h$, згідно з якою при розрахунковій подачі $\Delta h = 6$ м. вод. ст.

Задача 3

Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, коли відомо наступне: Насос буде встановлено на висоті 1500 метрів над рівнем моря і він буде перекачувати воду температурою 60°C із відкритого резервуару. Коефіцієнт опору всмоктувального трубопровода $S = 0,8 \times 10^{-8}$ (для $\text{м}^3/\text{год}$). Діаметр усмоктувального патрубку - 800 мм. Розрахункова подача – $Q = 1500$ л/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q-\Delta h$, згідно з якою при розрахунковій подачі $\Delta h = 5,5$ м. вод. ст.

Задача 4

Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, коли відомо наступне: Насос буде встановлено на висоті 700 метрів над рівнем моря і він буде перекачувати воду температурою 50°C із відкритого резервуару. Коефіцієнт опору всмоктувального трубопровода $S = 0,1 \times 10^{-6}$ (для $\text{м}^3/\text{год}$). Діаметр усмоктувального патрубку - 600 мм. Розрахункова подача

$-Q = 1000$ л/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q - H^{\text{вак}}_{\text{доп}}$, згідно з якою при розрахунковій подачі $(H^{\text{вак}}_{\text{доп}})_{\text{пасп}} = 4,0$ м. вод. ст.

Задача 5

Визначити найбільшу можливу геометричну висоту всмоктування для насоса, коли відомо наступне: Насос буде встановлено на висоті 2000 метрів над рівнем моря, він буде перекачувати воду температурою 40°C із відкритого резервуару. Коефіцієнт опору всмоктувального трубопровода $S = 1,2 \times 10^{-8}$ (для $\text{м}^3/\text{год}$). Діаметр усмоктувального патрубку - 800 мм. Розрахункова подача – $Q=1500$ л/с. У технічному паспорті насоса наведено характеристику $Q - H^{\text{вак}}_{\text{доп}}$, згідно з якою при розрахунковій подачі $(H^{\text{вак}}_{\text{доп}})_{\text{пасп}} = 4,5$ м. вод. ст.

Задача 6

Визначити напір насоса за показаннями приладів, коли відомо наступне: насос перекачує воду і розвиває подачу $600 \text{ м}^3/\text{год}$. Манометр, який підключено до напірного патрубку насоса, показує тиск (0,42 МПа (4,2 атм), а вакуумметр, який підключено до всмоктувального патрубку насоса, показує вакуум 0,05 МПа (0,5 атм). Манометр розміщено на 4 м вище осі насоса, а вакуумметр – на тій же відмітці, що і вісь насоса. Діаметр усмоктувального патрубку 400 мм, діаметр напірного патрубку – 300 мм.

Задача 7

Визначити напір насоса за показаннями приладів, коли відомо наступне: насос перекачує воду і розвиває подачу $250 \text{ м}^3/\text{год}$. Манометр, який підключено до напірного патрубку насоса, показує тиск (0,46 МПа (4,6 атм), а вакуумметр, який підключено до всмоктувального патрубку насоса, показує вакуум 0,045 МПа (0,45 атм). Манометр розміщено на 3 м вище осі насоса, а вакуумметр - на тій же відмітці, що і вісь насоса. Діаметр усмоктувального патрубку 250 мм, діаметр напірного патрубку – 300 мм.

Задача 8

Визначити напір насоса за показаннями приладів, коли відомо наступне: насос перекачує воду і розвиває подачу $1600 \text{ м}^3/\text{год}$. Манометр, який підключено до напірного патрубку насоса, показує тиск (0,56 МПа (5,6 атм), а вакуумметр, який підключено до всмоктувального патрубку насоса, показує

вакуум 0,08 МПа (0,8 атм). Манометр розміщено на 5 м вище осі насоса, а вакуумметр - на 4 м вище осі насоса. Діаметр всмоктувального патрубка 500 мм, діаметр напірного патрубка – 400 мм.

Задача 9

Визначити напір насоса за показаннями приладів, коли відомо наступне: насос перекачує воду і розвиває подачу 3600 м³/год. Манометр, який підключено до напірного патрубка насоса, показує тиск (0,63 МПа (6,3 атм), а вакуумметр, який підключено до всмоктувального патрубка насоса, показує вакуум 0,02 МПа (0,2 атм). Манометр розміщено на 1 м нижче осі насоса, а вакуумметр - на 2 м нижче осі насоса. Діаметр всмоктувального патрубка 700 мм, а діаметр напірного патрубка – 600 мм.

Задача 10

Для насоса з номінальною частотою обертання робочого колеса $n = 2950$ об/хв, характеристика (Q - H) якого подана в таблиці, визначити нову частоту обертання, виходячи з умови, що розрахункова подача насоса складає 70 л/с, а напір - 65 м вод. ст.

H, м вод. ст	85,0	83,5	82,0	80,5	79,0	70,0	57,0
Q, м³/год	0,0	50,0	100,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Задача 11

Для насоса з номінальною частотою обертання робочого колеса $n = 2950$ об/хв, характеристика (Q - H) якого подана в таблиці, побудувати нову характеристику (Q - H)₁, виходячи з умови, що нова частота обертання робочого колеса складає $n_1 = 1750$ об/хв.

H, м вод. ст	85,0	83,5	82,0	80,5	79,0	70,0	57,0
Q, м³/ год	0,0	50,0	100,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Задача 12

Для насоса з номінальною частотою обертання робочого колеса $n = 1450$ об/хв, характеристика (Q - H) якого подана в таблиці, визначити нову частоту

обертання, виходячи з умови, що розрахункова подача насоса складає 1380 м³/год, а напір - 70 м вод. ст.

Н, м вод. ст	108,0	107,5	107,0	105,0	99,0	90,0	82,0
Q, л/с	0,0	55,0	110,0	220,0	330,0	440,0	485,0

Задача 13

Для насоса з номінальною частотою обертання робочого колеса $n = 4550$ об/хв, характеристика (Q - Н) якого подана в таблиці, побудувати нову характеристику (Q - Н)₁, виходячи з умови, що нова частота обертання робочого колеса складає $n_1 = 900$ об/хв.

Н, м вод. ст	108,0	107,5	107,0	105,0	99,0	90,0	82,0
Q, л/с	0,0	55,0	110,0	220,0	330,0	440,0	485,0

Задача 14

Для насоса з діаметром робочого колеса $D = 855$ мм, характеристика (Q - Н) якого подана в таблиці, визначити новий діаметр робочого колеса, виходячи з умови, що розрахункова подача складає 585 л/с, а розрахунковий напір - 80 м вод. ст.

Н, м вод. ст	118,0	118,5	117,0	113,0	105,0	97,0	85,0
Q, м³/год.	0,0	300,0	600,0	1200,0	1800,0	2100,0	2400,0

Задача 15

Для насоса з діаметром робочого колеса $D = 855$ мм, характеристика (Q - Н) якого подана в таблиці, побудувати нову характеристику (Q - Н)_{обт}, виходячи з умови, що новий діаметр робочого колеса складає $D_{обт} = 750$ мм.

Н, м вод. ст	118,0	118,5	117,0	113,0	105,0	97,0	85,0
Q, м³/год.	0,0	300,0	600,0	1200,0	1800,0	2100,0	2400,0

Задача 16

Для насоса з діаметром робочого колеса $D = 550$ мм, характеристика $(Q - H)$ якого подана в таблиці, визначити новий діаметр робочого колеса, виходячи з умови, що розрахункова подача складає 610 л/с, а розрахунковий напір – 11 м вод. ст.

H, м вод. ст	27,0	25,0	23,5	22,5	21,0	19,0	14,0
Q, м³/год.	0,0	400,0	800,0	1000,0	1400,0	2000,0	2600,0

Задача 17

Для насоса з діаметром робочого колеса $D = 550$ мм, характеристика $(Q - H)$ якого подана в таблиці, побудувати нову характеристику $(Q - H)_{\text{обт}}$, виходячи з умови, що новий діаметр робочого колеса складає $D_{\text{обт}} = 480$ мм.

H, м вод. ст	27,0	25,0	23,5	22,5	21,0	19,0	14,0
Q, м³/год.	0,0	400,0	800,0	1000,0	1400,0	2000,0	2600,0

Задача 18

Два однакових відцентрових насоса, характеристики $Q-H$ яких дані в таблиці, працюють паралельно на два паралельних водоводи. Один з водоводів діаметром $d_1=700$ мм ($S_0 = 0,01098 \times 10^{-6}$), а другий - діаметром $d_2=800$ мм ($S_0 = 0,005514 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 15 м. Довжина водоводів – 1000 м.

H, м	30,0	28,0	26,5	24,5	20,5	17,0	13,0
Q, м³/год.	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса і витрату по кожному з водоводів при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 19

Два різних відцентрових насоси, характеристики Q - H яких дані в таблицях, працюють паралельно на два однакові паралельні водоводи. Діаметром кожного водоводу $d_1=700$ мм ($S_0 = 0,01098 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 15 м. Довжина водоводів – 1000 м.

H, м	27,5	26,5	24,0	21,0	18,0	16,0	14,0
Q, м³/год	0	1000	2000	3000	3500	4000	4500

H, м	30,0	28,0	26,5	24,5	20,5	17,0	13,0
Q, м³/год	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса і витрату по кожному з водоводів при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 20

Два однакових відцентрових насоса, характеристики Q - H яких дані в таблиці, працюють паралельно на два паралельних водоводи. Один з водоводів діаметром $d_1=1000$ мм ($S_0 = 0,001699 \times 10^{-6}$), а другий - діаметром $d_2=800$ мм ($S_0 = 0,005514 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 15 м. Довжина водоводів – 1000 м.

H, м	45,0	43,5	40,5	38,0	35,5	32,0	25,0
Q, м³/ч	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса і витрату по кожному з водоводів при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с..

Задача 21

Два різних відцентрових насоси, характеристики Q - H яких наведені в таблицях, працюють паралельно на два однакові паралельні водоводи.

Діаметром кожного водоводу $d_1 = 800$ мм ($S_0 = 0,005514 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 15 м. Довжина водоводів – 3000 м.

H, м	45,0	43,5	40,5	38,0	35,5	32,0	25,0
Q, м³/год	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

H, м	46,0	41,0	38,0	36,0	35,0	32,5	30,5
Q, м³/год	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса і витрату по кожному з водоводів при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 22

Два різних відцентрових насоси, характеристики Q-H яких наведені в таблицях, працюють послідовно на водовід. діаметром $d=800$ мм ($S_0 = 0,005514 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 30 м. Довжина водоводу – 1000 м.

H, м	27,5	26,5	24,0	21,0	18,0	16,0	14,0
Q, м³/год	0	1000	2000	3000	3500	4000	4500

H, м	32,0	31,5	29,5	27,0	24,5	21,5	18,0
Q, м³/год.	0	400	800	1200	1600	2000	2200

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу й напір кожного насоса при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 23

Два однакових відцентрових насоси, характеристики Q-H яких дані в таблиці, працюють послідовно на водовід. діаметром $d=600$ мм ($S_0 = 0,02262 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 30 м. Довжина водоводу – 1000 м.

H, м	27,5	26,5	24,0	21,0	18,0	16,0	14,0
Q, м³/год.	0	1000	2000	3000	3500	4000	4500

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу й напір кожного насоса при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 24

Два різних відцентрових насоси, характеристики Q-H яких дані в таблицях, працюють послідовно на водовід діаметром $d=600$ мм ($S_0 = 0,02262 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 35 м. Довжина водоводу – 2000 м.

H, м	30,0	28,0	26,5	24,5	20,5	17,0	13,0
Q, м³/год.	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

H, м	32,0	31,5	29,5	27,0	24,5	21,5	18,0
Q, м³/год.	0	400	800	1200	1600	2000	2200

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Задача 25

Два однакових відцентрових насоси, характеристики Q-H яких наведені в таблиці, працюють послідовно на водовід діаметром $d=1000$ мм ($S_0 = 0,001699 \times 10^{-6}$). Геометрична висота підйому води складає 35 м. Довжина водоводу – 2000 м.

H, м	30,0	28,0	26,5	24,5	20,5	17,0	13,0
Q, м³/год.	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000

Визначити сумарну подачу і напір насосної станції, а також подачу і напір кожного насоса при їх сумісній роботі. Питомі опори водоводів дані для витрати в л/с.

Список літератури

1. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции.- М.: Стройиздат, - 1990. - 320с.
2. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, - 1986. - 320с.
3. Залуцкий Э.В., Петрухно А.И. Насосные станции. Курсовое проектирование: Уч. пособие для ВУЗов. - К: Вища школа, - 1987. - 168с.
4. Насосы, изготавливаемые заводами. Материалы для проектировщиков. - М.: Сюзводоканалпроект, - 1992. -118с.
5. Номенклатурный каталог насосного оборудования, выпускаемого заводами СНГ. Материалы для проектировщиков. - К: УкрНИИИводоканалпроект, - 1996 - 106с.
6. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие. - М.: Стройиздат, - 1984. - 116с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і розв’язання задач з дисципліни “Гідравлічні та аеродинамічні машини” (для студентів 3 – 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів підготовки 0926 «Водні ресурси», 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності 6.092600 «Водопостачання та водовідведення»)

Укладач: Андрій Миколайович Колотило

Редактор: М.З. Аляб’єв

План 2008, поз 437М

Підп. до друку 24.04.2008	Формат 60x84/1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк. арк. 1,7	Обл.-вид. арк. 2,2
Зам. №	Тираж 50 прим.	
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12		
Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ		
61002, Харків, вул. Революції, 12		